

Artículo original

(Original paper)

EFFECTO DE LA EXCLUSIÓN DE INSECTOS VISITANTES FLORALES EN EL CUAJADO DE FRUTOS DE *PERSEA AMERICANA* (LAURACEAE) CV. HASS
EFFECT OF THE EXCLUSION OF THE FLORAL VISITING INSECTS IN THE FRUIT SET OF *PERSEA AMERICANA* CV. HASS (LAURACEAE)
DIANA CARABALÍ-BANGUERO^{1*}, JAMES MONTOYA-LERMA¹ y ARTURO CARABALÍ-MUÑOZ²
¹Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad del Valle, Cali, Apartado Aéreo 25360, Colombia. <dianajohana16@hotmail.com>; <james.montoya@correounivalle.edu.co>

²Centro de Investigación Palmira, Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA), Palmira, Apartado Aéreo 1301, Colombia. <acarabali@agrosavia.org.co>

*Autor para correspondencia: <dianajohana16@hotmail.com>,

Recibido: 05/09/2017; aceptado: 17/05/2018; publicado en línea: 30/10/2018

Editor responsable: Cuauhtémoc Deloya

Carabalí- Banguero, D. C., Montoya-Lerma, J., Carabalí, A. (2018) Efecto de la exclusión de insectos visitantes florales en el cuajado de frutos de *Persea americana* (Lauraceae) cv. Hass. *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)*, 34, 1–9. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412121>

RESUMEN. Los insectos son considerados los principales portadores de polen del aguacate *Persea americana* cv. Hass. Con el objetivo de determinar el efecto de su exclusión en la fructificación del cultivo, se planteó esta investigación en dos plantaciones ubicadas en Popayán (Cauca, Colombia). En cada finca se marcaron 10 árboles y en cada árbol 20 inflorescencias. Se evaluaron tres tratamientos: (a) inflorescencias expuestas a la actividad de los insectos (control), (b) cubrimiento de inflorescencias con bolsas de tela, y (c) aplicación de insecticida una sola vez y cubrimiento de inflorescencias con bolsas de tela. El número de frutos cuajados (fructificación) difirió significativamente entre tratamientos y fincas, en el tratamiento con inflorescencias expuestas hubo un cuajado de fruto 7 veces más alto respecto a los tratamientos con inflorescencias cubiertas e inflorescencias cubiertas + insecticida, los cuales no presentaron diferencias estadísticas significativas entre ellos. Se obtienen entre 12– 21 frutos/inflorescencia cuando se permite el acceso de los insectos a las flores, comparado con 2–3 frutos/inflorescencia cuando se excluyen. Se concluye que en la polinización del cultivo de *P. americana* cv. Hass interviene el viento, sin embargo, los insectos tienen un rol clave como portadores de polen.

Palabras clave: Aguacate; Polinización cruzada; *Apis mellifera*; Polen

Carabalí- Banguero, D. C., Montoya-Lerma, J., Carabalí, A. (2018) Effect of the exclusion of the floral visiting insects in the fruit set of *Persea americana* cv. Hass (Lauraceae). *Acta Zoológica Mexicana (n.s.)*, 34, 1–9. <https://doi.org/10.21829/azm.2018.3412121>

ABSTRACT. Insects are considered the main carriers of avocado *Persea americana* cv. Hass. In order to determine the effect of their exclusion in the fruiting of the crop, this research was proposed in two plantations located in Popayán, Cauca, Colombia. In each farm 10 trees were marked and in each tree 20



CC-BY-NC-SA

Reconocimiento –noComercial–Compartirigual

inflorescences. Three treatments were evaluated: (a) inflorescences exposed to insect activity (control), (b) covering of inflorescences with cloth bags, and (c) application of insecticide only once and covering of inflorescences with cloth bags. The number of fruits set (fructification) differed significantly between treatments and farms, in the treatment with exposed inflorescences there was a fruit set seven (7) times higher with respect to the treatments with covered inflorescences and covered inflorescences + insecticide, which did not present significant statistical differences among them. Between 12-21 fruits / inflorescence are obtained when the insects are allowed access to the flowers, compared to 2-3 fruits / inflorescence when they are excluded. It is concluded that in the pollination of the crop of *P. americana* cv. Hass intervenes the wind, however insects have a key role as carriers of pollen.

Key words: Avocado; Cross-pollination; *Apis mellifera*; Pollen

INTRODUCCIÓN

El aguacate es un frutal perenne originario de regiones tropicales y subtropicales de Centroamérica, perteneciente a la familia Lauraceae (Ish-Am *et al.*, 1999; Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999; Peña, 2003; Alcaraz & Hormaza, 2009; Pérez-Balam *et al.*, 2012). Existen tres razas: la antillana (*P. americana* var. *americana* Mill.), la guatemalteca (*P. americana* var. *guatemalensis* L. Wms.) y la mexicana [*P. americana* var. *drymifolia* (Schlecht. y Cham.) Blake], las cuales presentan diferencias en la forma, color, tamaño, textura de los frutos y tolerancia al frío y la humedad (Bernal & Díaz, 2008; Alcaraz & Hormaza, 2009). Han dado origen a cultivares con diferentes restricciones en la fecundación; algunas son autoestériles y otras autofértiles (Wysoki *et al.*, 2002; Bernal & Díaz, 2008; Alcaraz & Hormaza, 2009).

En el aguacate para evitar la autopolinización se presentan grupos complementarios de acuerdo con el patrón de apertura floral, denominados A y B. Este mecanismo se denomina protoginia dicogamia sincronizada. Las flores tipo A en la primera apertura están en fase femenina, tienen el estigma receptivo y las anteras dehiscentes, cierran al medio día y abren al día siguiente en la tarde en fase masculina. Las flores tipo B abren en fase femenina en la tarde, luego cierran y abren nuevamente a la mañana siguiente en fase masculina (Davenport, 1986; Ish-Am, 2004; Bernal & Díaz, 2008; Alcaraz & Hormaza, 2009).

En algunos cultivares se presenta asincronía en la apertura floral, lo cual causa traslape entre las fases florales, así, no se requiere sembrar variedades de apertura floral complementaria en los huertos de aguacate (Wysoki *et al.*, 2002; Alcaraz & Hormaza, 2009). El cultivar Hass es un híbrido resultante del cruce de las variedades guatemalteca y mexicana. Este cultivar presenta receptividad estigmática en la segunda apertura floral, por lo cual puede autopolinizarse (Alcaraz & Hormaza, 2009).

En el cultivo de aguacate, se presentan tres mecanismos de polinización de acuerdo con la procedencia del polen que ingrese a la flor, denominados: autogamia, geitonogamia y polinización cruzada. Siendo esta última la de mayor aporte para la producción de frutos (Davenport, 1986; Wysoki *et al.*, 2002). Las flores atraen grupos específicos de polinizadores, de acuerdo con la morfología floral y los recursos nutricionales que ofrecen, estas interacciones se han catalogado como síndromes de polinización (Rosas-Guerrero *et al.*, 2014). Las flores de *P. americana* no presentan interacciones especializadas; la disposición de las estructuras secretoras de néctar y reproductivas facilita el acceso a insectos de distintos órdenes (Ish-Am *et al.*, 1999).

La importancia de los insectos en la polinización del cultivo de aguacate ha sido discutida (Wysoki *et al.*, 2002; Cabezas & Cuevas, 2007; Ish-Am & Lavah, 2011) y se estima que en algunas regiones la visita de los insectos no es indispensable para la polinización de este frutal (Davenport *et al.*, 1994; Davenport, 2003). En cultivos del sur de Florida (EEUU) la deposición de polen en la segunda apertura floral es llevada a cabo por el viento (Davenport *et al.*, 1994). En cambio, en Israel y el sureste de



España es necesario el transporte de polen por insectos, es decir la polinización cruzada prevalece sobre la autopolinización (Ish-Am & Eisikowitch, 1998; Cabezas & Cuevas, 2007). La especie presenta polinización anemófila, pero predomina una entomófila generalista, debido a la morfología y el comportamiento de apertura floral (Wysoki *et al.*, 2002; Ish-Am & Lavah, 2011; Carabali *et al.*, 2017).

En Colombia se reconoce la importancia de los insectos como moscas, avispa, hormiga, abeja *Trigona* y especies introducidas como *A. mellifera* para la polinización del cultivo de aguacate (Vásquez *et al.*, 2011). Incluso, que el rendimiento se incrementa entre un 21-96% con la actividad de las abejas (Vásquez *et al.*, 2011). Sin embargo, se requiere profundizar en el aporte de las especies en la producción y los efectos que podría tener la ausencia de polinizadores en los huertos. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de la exclusión de insectos asociados a las inflorescencias de *Persea americana* cv. Hass y correlacionar su presencia/ausencia con la fructificación de las inflorescencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio. El estudio se realizó en dos huertos en monocultivo de aguacate Hass, de cinco años, con producción anual estable, ubicados en Popayán, Cauca, Colombia. Finca “Jireh”, N02° 27’ 21,9” O76° 34’ 09,9”; 1886 metros sobre el nivel del mar (msnm) y finca “Dios es Amor” N02° 27’ 47,2” O76° 34’ 05,0”; 1873 msnm, la temperatura anual promedio es de 19°C y precipitación de 1941 mm/año. La zona es de reconocida presencia de visitantes florales y polinizadores (Carabalí *et al.*, 2017). Al inicio del experimento las fincas estaban en el periodo de floración principal, con inflorescencias en el estado, que se caracteriza porque las flores están completamente diferenciadas pero cerradas, de acuerdo con la escala fenológica propuesta por Salazar-García *et al.* (1998). El área circundante a los huertos incluye varias hectáreas de bosque de eucalipto, cultivos de café y potreros. Durante la floración no se aplicó insecticidas en las fincas para evitar afectación de los polinizadores.

Diseño experimental. Se utilizó un diseño completamente al azar, con tres tratamientos y 10 repeticiones por tratamiento. En cada huerto se seleccionaron aleatoriamente 30 árboles para la comparación de tres tratamientos de polinización, se asignaron 10 árboles al azar a cada uno los siguientes tratamientos:

- T1- Tratamiento con inflorescencias descubiertas: Marcaje de 20 inflorescencias por árbol, las inflorescencias no se cubrieron para permitir así la visita de insectos a las flores (control).
- T2- Tratamiento con inflorescencias cubiertas: Marcaje de 20 inflorescencias por árbol y cubrimiento de las inflorescencias con bolsas de tela tipo tul (30×30 cm, con una apertura menor a 0,1 mm) con el fin de evitar el acceso de los insectos a las flores.
- T3- Tratamiento con inflorescencias cubiertas + insecticida: Marcaje de 20 inflorescencias por árbol, cubrimiento de las inflorescencias con bolsas de tela tipo tul (30×30 cm, con una apertura menor a 0,1 mm) y aplicación de insecticida de contacto e ingestión (Spinetoram®; dosis 0,5 cc/L) no tóxico para abejas (una vez seco el producto en la lámina foliar) una sola vez, con el fin de eliminar microinsectos presentes en las flores.

En la aleatorización se excluyeron los árboles ubicados en el borde del cultivo para minimizar este efecto en las variables a evaluar. Se seleccionaron las inflorescencias de la zona baja y media del árbol. Las inflorescencias se embolsaron en días diferentes entre las 7:00h hasta las 18:00 h.

Se registraron las siguientes variables: número inicial de flores, el número de frutos cuajados (fructificación), la abscisión de frutos por inflorescencia. El conteo de frutos cuajados se llevó a cabo a los 20 días de realizar la implementación de los tratamientos hasta finalizada la floración.

El porcentaje de frutos formados se calculó de la siguiente manera:

Porcentaje (%) de frutos cuajados = $(N^{\circ} \text{ de frutos cuajados} / N^{\circ} \text{ de flores inicial}) \times 100$.

Una vez que se obtuvo el número total de frutos en cada inflorescencia, las bolsas fueron removidas para permitir el desarrollo de los frutos.

Análisis de datos. El número de frutos producidos fue comparado mediante un análisis de varianza (ANOVA). Se realizó una prueba de comparación de medias (Tukey, $P \leq 0,05$) para detectar diferencias entre los tratamientos. Se evaluó si se presentaban diferencias estadísticamente significativas entre las fincas mediante una prueba T-Student con un nivel de significancia del 0,05. Los análisis se realizaron en el programa MINITAB versión 16 (Minitab, State College, PA, EEUU).

RESULTADOS

En la finca “Jireh” el número de frutos cuajados difirió significativamente entre tratamientos ($F=230,27$; g.l.= 2; $P=0,000$). Una mayor formación de frutos (cuajado) se presentó en el tratamiento donde los insectos no fueron excluidos, comparados con aquellos, donde hubo una exclusión física y química de los mismos. En el tratamiento con inflorescencias descubiertas se obtuvo un cuajado de fruto siete veces mayor al obtenido en los tratamientos de inflorescencias cubiertas y cubiertas + insecticida. El número de frutos cuajados en las inflorescencias en que se excluyeron los insectos (i.e. tratamientos de inflorescencias cubiertas y cubiertas + insecticida) no difirió significativamente entre ellos.

En la finca “Jireh”, cuando las flores fueron visitadas por insectos, en la mayoría de las inflorescencias se produjo entre 10-30 frutos, con valores atípicos entre 58-77 frutos. En contraste, cuando se elimina la participación de los insectos, se obtiene de uno a tres frutos por inflorescencia, con un máximo de 22 frutos en el tratamiento con inflorescencias cubiertas o de 15 frutos con las inflorescencias cubiertas + insecticida. En los todos los tratamientos se presentaron inflorescencias en las que hubo una abscisión total de las flores (Fig. 1a).

En la finca “Dios es Amor”, el número de frutos cuajados difirió significativamente entre tratamientos ($F=194,55$; g.l.= 2; $P=0,000$). Se encontraron significativas diferencias en el tratamiento con inflorescencias descubiertas con respecto a la exclusión física (tratamiento con inflorescencias cubiertas) y la exclusión física y química (tratamiento con inflorescencias cubiertas + insecticida). En estos últimos, con el cubrimiento de las flores y la aplicación de insecticida se produjo un cuajado de frutos entre 4-7 veces menor, siendo, significativamente similares entre ellos. En el tratamiento con inflorescencias descubiertas, la mayor parte de las inflorescencias produjo entre 5 y 19 frutos, con valores atípicos entre 44-46 frutos. En el tratamiento con inflorescencias cubiertas e inflorescencias cubiertas + insecticida se obtuvieron entre 1-4 frutos, con valores atípicos de 9-13 frutos (Fig. 1b).

Diferencias significativas se presentaron en los análisis del número de frutos cuajados, obtenidos en los tratamientos de polinización entre fincas ($F= 375,69$; g.l.= 1; $P=0,000$). Los tratamientos con inflorescencias cubiertas e inflorescencias cubiertas + insecticida tuvieron un porcentaje de cuajado de fruto similar entre fincas, en comparación a la alta variabilidad obtenida en el tratamiento con inflorescencias descubiertas. En la finca “Jireh” se obtuvo un promedio de 21 frutos cuajados/inflorescencia cuando los insectos tenían acceso a las flores, mientras que en la finca “Dios es Amor” se tuvieron 12 frutos/inflorescencia. La exclusión de los insectos mediante bolsas de tela generó un promedio de 2-3 frutos por inflorescencia (Cuadro 1). En los tratamientos con inflorescencias cubiertas e inflorescencias cubiertas + insecticida se presentaron frutos sanos y algunos con malformaciones.

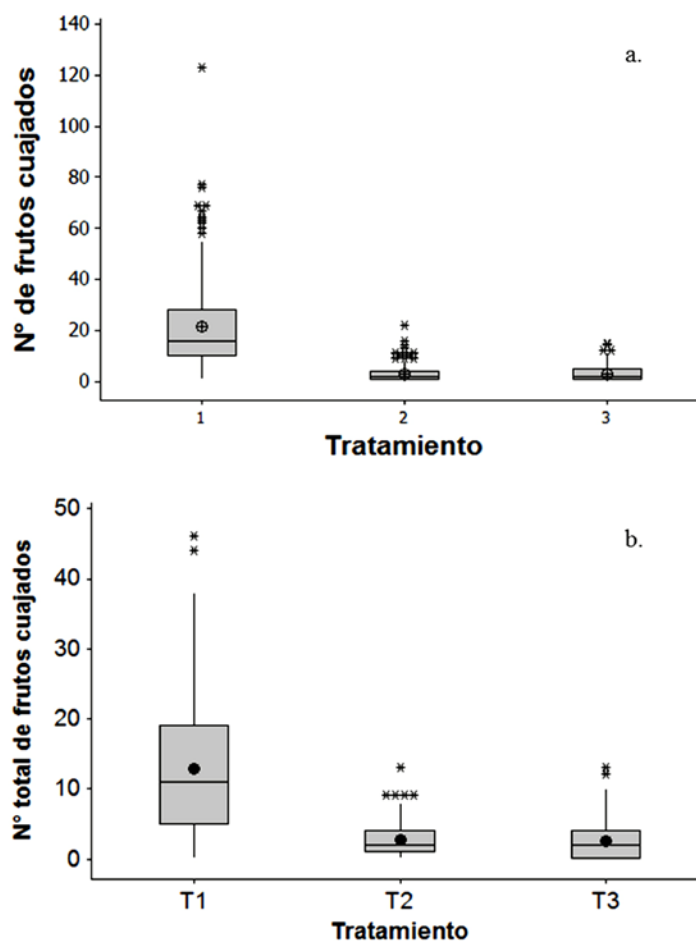


Figura 1. Variabilidad en el número de frutos cuajados de aguacate cv. Hass obtenido en: **a)** la finca “Jireh” y **b)** la finca “Dios es amor” usando tres tratamientos que influyen la polinización. (T1) tratamiento con inflorescencias descubiertas, (T2) tratamiento con inflorescencias cubiertas, (T3) tratamiento con inflorescencias cubiertas + insecticida. Se muestra un diagrama de caja. Los límites de la caja corresponden al rango intercuartil, la línea horizontal indica la mediana, el punto oscuro indica la media, los bigotes se extienden a los datos extremos y los asteriscos indican los valores atípicos.

Cuadro 1. Cuantificación del cuajado de fruto de aguacate cv. Hass obtenido en tres tratamientos que influyen la polinización. (T1) tratamiento con inflorescencias descubiertas. (T2) tratamiento con inflorescencias cubiertas. (T3) tratamiento con inflorescencias cubiertas + insecticida.

Parcela	Trat.	Inflorescencias	Promedio de flores ($\bar{x} \pm S.E.$)	Total de frutos cuajados	Promedio de Frutos ($\bar{x} \pm S.E.$)
Finca “Jireh”	1	200	93.13 \pm 2.44	4266	21.33 \pm 1.24 a*
	2	200	109.43 \pm 2.78	596	2.98 \pm 0.23 b
	3	200	106.16 \pm 2.79	619	3.095 \pm 0.20 b
Finca “Dios es Amor”	1	200	153.72 \pm 3.88	2546	12.73 \pm 0.69 c*
	2	200	145.53 \pm 3.20	525	2.625 \pm 0.18 b
	3	200	142.47 \pm 3.91	483	2.415 \pm 0.19 b

Con la actividad de los insectos en las flores se produjo un mayor porcentaje de frutos cuajados en ambas parcelas, comparado con los tratamientos donde los insectos son excluidos por barreras físicas y físico-químicas. La exclusión de la visita de los insectos generó que se obtuviera un cuajado de fruto entre 4-9 veces menor que cuando los insectos tenían libre actividad en las flores (Cuadro 2). El porcentaje de cuajado post-antesis (i.e. inicial) en la Finca “Jireh” fue tres veces mayor al de la finca “Dios es amor”. La proporción de flores que se convierten en fruto y continúan su desarrollo a cosecha fue menor al 1%, de acuerdo con el porcentaje de cuajado final (Cuadro 2, Fig. 2) (se estimó con el número de frutos que continúan su desarrollo a los 120 días de la asignación de los tratamientos a las unidades experimentales). Estos resultados concuerdan con otras investigaciones sobre la alta abscisión natural de flores y frutos (Cuadro 3).

Cuadro 2. Porcentaje de fruto cuajado inicial y final de aguacate cv. Hass obtenido en tres tratamientos que influyen la polinización. (T1) tratamiento con inflorescencias descubiertas. (T2) tratamiento con inflorescencias cubiertas. (T3) tratamiento con inflorescencias cubiertas + insecticida.

Parcela	Tratamiento	Total de flores	Cuajado inicial de frutos (%)	Cuajado final de frutos (%)
Finca “Jireh”	1	18625	24.2	0.349
	2	21886	2.8	0.078
	3	20032	3.2	0.065
Finca “Dios es Amor”	1	30744	8.2	0.088
	2	29105	1.9	0
	3	28495	1.9	0.032

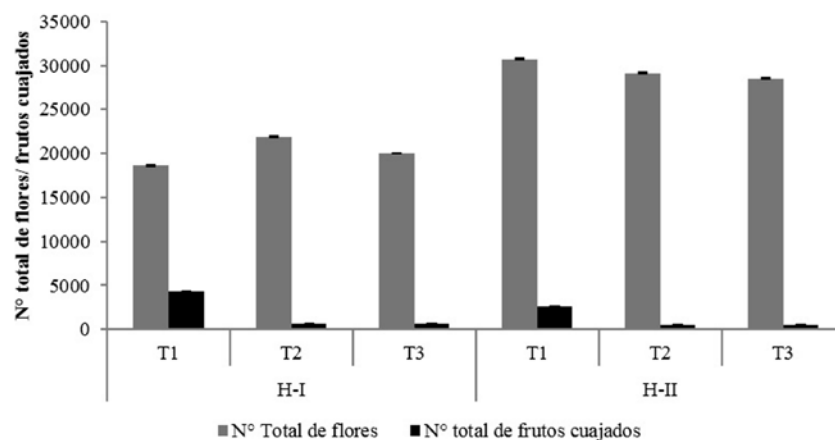


Figura 2. Número total de frutos cuajados en inflorescencias seleccionadas de tres tratamientos que influyen en la polinización de las fincas “Jireh” y “Dios es Amor” respecto al número de flores.

Los análisis del seguimiento de frutos cuajados que continúan su formación hasta madurez fisiológica revelaron diferencias entre tratamientos. En la finca “Jireh”, luego de 120 días del marcaje o exclusión de la visita de insectos, de acuerdo con el tratamiento se obtuvo: en el tratamiento con inflorescencias descubiertas solo se conservaba el 1,52 % de los frutos, en las inflorescencias que se limitó la visita de insectos se conservaba entre el 2,85% (Tratamiento con inflorescencias cubiertas) – 2,1% (Tratamiento con inflorescencias cubiertas + insecticida) de los frutos. En la finca “Dios es amor”, Se presentó mayor variabilidad en la proporción de frutos cuajados que continuaron su desarrollo; en el tratamiento 1 se conservaban el 1,06% de los frutos, en el tratamiento 2 hubo abscisión de todos los frutos y en el tratamiento 3 el 1,86% de los frutos continuaron su desarrollo.



Cuadro 3. Número total de frutos cuajados en inflorescencias marcadas en el tiempo en aguacate cv. Hass usando tres tratamientos que influyen la polinización. (T1) tratamiento con inflorescencias descubiertas, (T2) tratamiento con inflorescencias cubiertas, (T3) tratamiento con inflorescencias cubiertas + insecticida.

Parcela	Tratamiento	Frutos cuajados					
		20 d	40 d	60 d	80 d	100 d	120 d
Finca "Jireh"	1	3202	2205	353	184	65	65
	2	508	151	34	29	17	17
	3	534	167	28	20	13	13
Finca "Dios es Amor"	1	117	2236	831	215	215	27
	2	490	48	9	7	7	0
	3	154	362	22	15	15	9

DISCUSIÓN

El efecto benéfico de los insectos como visitantes florales en la polinización del cultivo de *P. americana* ha sido ampliamente documentado (Wysoki *et al.*, 2002). La morfología floral de esta especie presenta adaptación a la polinización por insectos debido a su tamaño, color y la disposición de los verticilos (Faegri & van der Pijl, 1979; Ish-Am *et al.*, 1999; Peña, 2003). Los resultados del presente estudio corroboran la importancia de la visita de los insectos a las flores de *P. americana* cv. Hass en el incremento del cuajado de fruto. Por otra parte, se excluye la participación de insectos con tallas menores a 3 mm ya que se presentan valores similares al comparar el cuajado de fruto en inflorescencias cubiertas con o sin aplicación de insecticidas. En cultivos de aguacate Hass ubicados en Morales (Cauca), localidad cercana a la zona de estudio se encontró una alta diversidad de visitantes florales, 35 familias de insectos frecuentan las flores de este cultivo; principalmente dípteros de las familias Syrphidae, Tachinidae, Calliphoridae, Sarcophagidae e himenópteros de las familias Vespidae y Apidae (Carabalí *et al.*, 2017). La abeja *A. mellifera* es el visitante más frecuente, pero también frecuentan el cultivo abejas silvestres como *Tetragonisca angustula*, *Scaptotrigona barrocoloradensis*, *Partamona* cf. *aequatoriana*, *Trigona* sp. (Carabalí *et al.*, 2017). En México, la amplia entomofauna que visita las flores contribuye diferencialmente a la polinización debido a una alta variabilidad en la carga polínica, atribuida al tamaño corporal y movilidad en las flores (Ish-Am *et al.*, 1999; Castañeda-Vildózola *et al.*, 1999).

La polinización entomófila es esencial para la producción de aguacate en Israel, Sudáfrica, California y Chile, debido a que la autopolinización y la polinización por el viento son ineficientes (Peterson, 1955; Ish-Am & Eisikowitch, 1998; Ish-Am & Lavah, 2011). En el tratamiento donde se permitió la libre actividad de los visitantes florales se presentó un cuajado de fruto significativamente mayor, respecto a lo encontrado en las inflorescencias cubiertas, estos resultados concuerdan con investigaciones previas para el cultivar Hass. En el Sureste de España, la exclusión de los insectos con bolsas microperforadas limitó el desarrollo de los frutos, incluso se desarrollaron frutos partenocárpicos o deformes (Cabezas & Cuevas, 2007), como lo observado en los tratamientos con exclusión físico-química. En California, las variedades Regina, Hass, Clifton, Bacon y Ryan no presentan cuajado de fruto cuando se cubren las inflorescencias para excluir a la abeja *Apis mellifera* (Peterson, 1955).

El porcentaje de cuajado de fruto encontrado en el tratamiento que no se excluyeron los insectos es menor al obtenido en huertos de México. En aguacates criollos, La actividad de los insectos genera un cuajado de fruto superior al 60% respecto a las inflorescencias en que son excluidos (Can-Alonzo *et al.*, 2005). Valores similares de porcentaje de cuajado fueron encontrados por Pérez-Balam y colegas (2012), cuando los insectos son excluidos ocurre un cuajado de fruto del 8,3%, este es inferior al obtenido por

polinización cerrada y cruzada entre 55,3-58,9%. Sin embargo, estos estudios coinciden en que la actividad de los insectos incrementa el cuajado de fruto.

En las inflorescencias cubiertas, la agitación de las ramas por el viento podría facilitar la dispersión del polen. Los estudios sobre el aporte del viento en la polinización del cultivo de aguacate muestran resultados contrastantes, algunos indican que es un vector ineficiente (Peterson, 1955; Ish-Am & Eisikowitch, 1998; Ish-Am & Lavah, 2011) mientras que en otros muestran que hay una contribución a la producción de frutos (Davenport *et al.*, 1994; Davenport, 2003; Can-Alonzo *et al.*, 2005). Entre el 1-3% de la polinización de un cultivo es atribuible al viento en algunas regiones del mundo (Ish-Am & Lahav, 2011). Sin embargo, en el sur de California, árboles del cultivar Hass son polinizados durante la primera apertura floral (fase femenina) por la acción del viento, siendo este el principal vector de polen, a pesar de la presencia de *A. mellifera* (Davenport, 2003). Variedades como Simmonds y Hardee en la Florida se autopolinizan durante la segunda apertura floral; la fructificación puede ocurrir incluso en inflorescencias cubiertas, así que la presencia de polinizadores no es requerida (Davenport *et al.*, 1994). En este estudio se encontró que inflorescencias cubiertas se autopolinizan, no obstante, el número de frutos cuajados es significativamente menor, por lo tanto, se requiere la actividad de los insectos para obtener cuajado de fruto.

Los resultados del presente estudio muestran que se puede obtener un mayor cuajado de fruto (siete veces superior) en inflorescencias de aguacate descubiertas, donde los visitantes florales tuvieron una mayor actividad, respecto a las inflorescencias cubiertas. Dado que estudios previos indican que el aguacate depende de la polinización entomófila para obtener rendimientos adecuados, los resultados encontrados sugieren que la actividad de polinizadores, visitantes florales y ocasionales es responsable del cuajado de fruto en las inflorescencias descubiertas. Se considera que el viento podría tener una menor contribución en la fructificación.

AGRADECIMIENTOS. Los autores agradecen al departamento de ciencia y tecnología COLCIENCIAS. A la Corporación Colombiana de investigación agropecuaria (CORPOICA). Al Postgrado en Ciencias-Biología de la Universidad del Valle. A la ingeniera agrónoma Sandra Pinchao Tenganan por su apoyo logístico. A la Asociación Frutos del Campo, especialmente los productores: Jesús Alfredo Camacho, Ana Patricia Luligo y Doris Estela Luligo.

LITERATURA CITADA

- Cabezas, C., Cuevas, J. (2007) Vectores de polinización del aguacate en el sureste español. *Proceedings VI World Avocado Congress* Viña Del Mar, Chile. 12 – 16 Nov.
- Can-Alonzo, C., Quezada-Euán, J. J. G., Xiu-Ancona, P., Moo-Valle, H., Valdovinos-Nunez, G. R., Medina-Peralta, S. (2005) Pollination of ‘criollo’ avocados (*Persea americana*) and the behaviour of associated bees in subtropical Mexico. *Journal of Apicultural Research*, 44(1), 3–8.
- Carabalí, A., Pinchao, S., Lamprea, I., Peña, J.F., Carabalí, D. (2017) Insectos polinizadores del aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en Colombia. Bogotá: *Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria*.
- Castañeda-Vildózola, A., Equihua, A., Valdés, J., Barrientos, A., Ish-Am, G., Gazit, S. (1999) Insectos polinizadores del aguacatero en los estados de México y Michoacán, México. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 5 Número Especial, 129–136.
- Davenport, T. L. (2003) Evidence for wind-mediated, self and cross pollination of ‘Hass’ avocado trees growing in Mediterranean environments. *Proceedings V World Avocado Congress*, 221–226.
- Davenport, T. L. (1986) Avocado flowering Vol. 8. Pp. 257- 289. In: *Horticultural Reviews*. Janick, J. (Ed), AVI Publishing Co., Inc. Westport, CN.



- Davenport, T. L., Parnitzki, P., Fricke, S., Hughes, M. S. (1994) Evidence and significance of self-pollination of avocados in Florida. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(6), 1200–1207.
- Faegri, K., van der Pijl, L. (1979) *The principles of pollination ecology*. Third revised edition. Editorial Pergamon Press. 244 p.
- Ish-am, G., Eisikowitch, D. (1998) Low attractiveness of avocado (*Persea americana* Mill.) flowers to honeybees (*Apis mellifera* L.) limits fruit set in Israel. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 73(2), 195–204.
- Ish-Am, G., Lahav, E. (2011) Evidence for a major role of honeybees (*Apis mellifera*) rather than wind during avocado (*Persea americana* Mill.) pollination. *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 86(6), 589–594.
- Ish-Am, G., Barrientos-Priego, F., Castañeda-Vildozola, A., Gazit, S. (1999) Avocado (*Persea americana* Mill.) pollinators in its region of origin. *Revista Chapingo Serie Horticultura*, 5, 137–143.
- Peña, J. E. (2003) Insectos polinizadores de frutales tropicales: no solo las abejas llevan la miel al panal. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología* (Costa Rica) 69, 6–20.
- Pérez-Balam, J., Quezada-Euán, J. J. G., Alfaro-Bates, R., Medina, S., McKendrick, L., Soro, A., Paxton, R. J. (2012) The contribution of honeybees, flies and wasp to avocado (*Persea americana*) pollination in southern Mexico. *Journal of Pollination Ecology*, 8(6), 42–47.
- Peterson, P. A. (1955) Avocado flower pollination and fruit set. *California Avocado Society 1955 Yearbook*, 39, 163–169.
- Rosas-Guerrero, V., Aguilar, R., Martén-Rodríguez, S., Ashworth, L., Lopezaraiza-Mikel, M., Bastida, J. M., Quesada, M. (2014) A quantitative review of pollination syndromes: do floral traits predict effective pollinators?. *Ecology Letters*, 17, 388–400.
- Salazar-Garcia, S., Lord, E. M., Lovatt, C. J. (1998) Inflorescence and flower development of the Hass avocado (*Persea americana* Mill.) during “on” and “off” crop years. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 123(4), 537–544.
- Wysoki, M., van den Berg, M. A., Ish-Am, G., Gazit, S., Peña, J. E., Waite, G. K. (2002) Pests and pollinators of avocado. Pp. 265–272. In: Peña, J. E., Sharp, J. L. & Wysoki, M. (Eds.). *Tropical Fruit Pests and Pollinators: Biology, Economic Importance, Natural Enemies, and Control*. CABI Publishing, UK.